

牛乳の成分的乳質を高めるために

雪印種苗(株)中央研究農場

飼料研究室長

藤 本 秀 明

1 牛乳成分の原料について

乳脂肪の約50%は血中の酢酸、酪酸が直接の原料であり、乳脂肪の脂肪酸のうち $C_4 \sim C_{14}$ の全部と C_{16} の一部となる。血中酢酸はルーメン内での繊維質の発酵により生ずることから、粗飼料やルーメン発酵と密接な関係がある。また、乳脂肪の約40%は、血中の TG_{CM} (カイロミクロントリグリセライド)、 TG_{LP} (リボ蛋白トリグリセライド)であるが TG_{CM} の脂肪酸は飼料中の脂質と菌体脂質に由来する。これも飼料とルーメン発酵に密接に関係している。残りの乳脂肪の約10%は脂肪組織の分解に由来すると言われ、このことは栄養レベルやボディコンディションと関係してくることになる。

無脂固形分中、最も多い乳糖(4.7%前後)の原料は血中ブドウ糖であり、これは主にルーメンで生産されたプロピオン酸の肝での糖新生によるため、ルーメン発酵との関連が強いように受けとられるが、実際には乳糖率の変動は少なく、乳期を通じてほぼ横ばいで推移する。

乳糖に次いで多い乳蛋白質(3.2%前後)の主原料は血中アミノ酸であり、これは飼料中蛋白質や菌体蛋白質に由来するが、乳蛋白質変動の原因としては、原料であるアミノ酸の過不足よりも、乳蛋白質合成に必要なとされるエネルギーの過不足にある場合が多い。

無脂固形分中、最も少ないミネラル(0.7%前後)の原料は、もちろん血中ミネラルであるが、例えば牛乳中ミネラルの約50%を占めるカルシウムとリンについては、ホルモン支配により、飼料や血中含量とほとんど関係がないと言われている(詳

細は本誌第36巻第5号参照)。

2 乳成分向上対策

このように乳成分向上対策の対象は乳脂肪と乳蛋白質であり、飼料給与面から見た場合、繊維、エネルギーそして蛋白質をいかに効率良く原料化して、乳脂細胞へ供給するかにあると言える。そして、その具体的な方策については、ほぼ出尽しており、すなわち(1)良質粗飼料を十分に給与する、(2)飼料の給与方法を再検討する、(3)給与飼料を再検討するに要約される。以下に、乳成分向上対策についていくつか話題を提供したい。

(1)粗飼料の給与について

粗飼料の給与は乳脂肪の主要原料であるルーメン内酢酸の源となる繊維質を十分に供給するとともに、反すうの促進により多量の唾液をルーメン内に流入させる。そしてルーメン内pHの上昇と、それに伴い繊維分解菌を活性化させるという理想的な循環が図れる。しかし実際には、その実現が

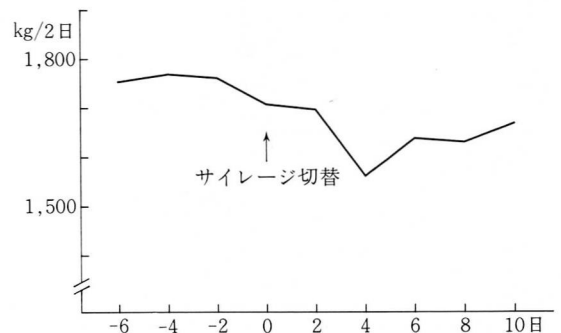


図1 2種類のトウモロコシサイレージの切替え給与(急変)と乳量の低下(Y農場)

難しいところに根本的な悩みがある。

図1は、2種類のトウモロコシサイレージ(質の良いものと悪いもの)を切替え給与した場合、乳量低下を生じた例を示している。切替え後1~2日で乳量が低下し始め、4日後に最低となり、その後回復に向かった。この間、トウモロコシサイレージの変更以外に、ほかの給与飼料は変えなかったため、サイレージの品質の差がモロに乳量に影響した例であり、また飼料の急変によるストレスの影響とも考えられる。飼料の切替えは急変を避け、

切替え期間を2~3週間かけて給与することが望ましい。

図2には飼料の変更による乳成分の向上例を示した。トウモロコシサイレージ、ビートパルプ、乾草を8月上旬まで給与しており、乳脂率が3.5%を切る状況であったため、早急な乳脂率向上を目的として、ルーサン・ヘイレージ、綿実(2kg)の補給を組入れたところ、乳脂率は9月中旬まで確実に向上した。そこで、また綿実の給与を中止し、ルーサン・ヘイレージの代わりにチモシーサイレー

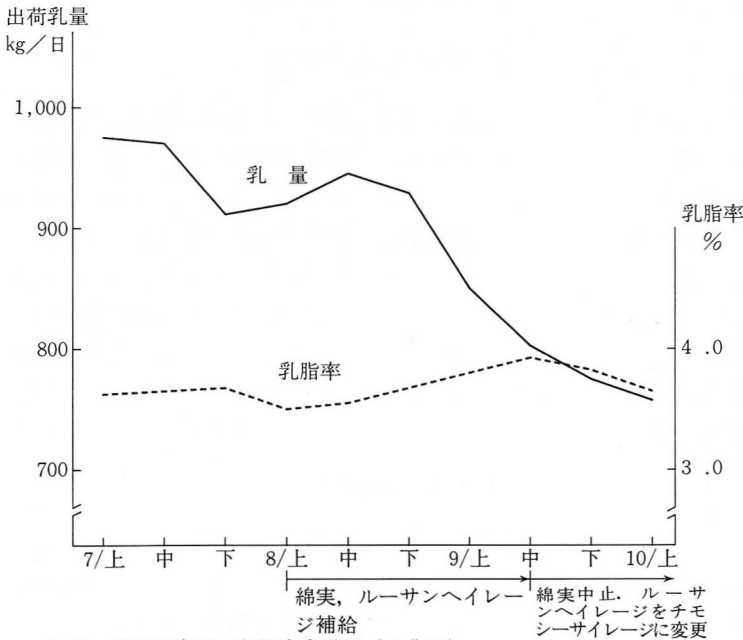


図2 飼料の変更と乳脂率変動例 (Y農場)

ジを与え元に戻した途端に乳脂率は低下し始め、明らかに飼料給与の効果を裏付ける結果となった。

このように飼料、特に粗飼料が乳量に及ぼす影響は大きいものであり、これを片時も忘れずに、良質粗飼料の生産に努力し続ける必要がある。

一方、生産効率の最適 NDF レベルは飼料乾物中 36%前後、あるいは最大乳脂率確保のための最適 NDF レベルは、体重×1.3%などと言われ注目されている。

表1に北海道の平均的な飼料給与量、表2には関東周辺での事例について、NDF レベルを試算した結果を示したが、いずれの場合も推奨レベルよりも多い数値となっている。推奨レベルに近づけるための方策は、濃厚飼料比率を高めるか、または粗飼料部分の NDF 含量を低下させる(早刈り化やマメ科率の増加)か、いずれかの方法しかない。推奨レベルに近づけることの是非もあろうが、劣質粗飼料多給時や濃厚飼料・粕類等の多給時における繊維レベル決定の一つの目安である。

(2)飼料の給与方法について

ルーメン微生物に必要な栄養素を常に供給するという観点からみて、理想的な飼料給与法はコンプリートフィードの不断給飼であろう。実際

表1 北海道でのNDFレベル (体重650kg, 乳量25kg, 乳脂率3.7%)

グラスサイレージ主体		トウモロコシサイレージ主体	
給与飼料(kg)	サイレージ(一番草) 34	乾草(一番草) 4.5	
	乾草(二番草) 3	乾草(二番草) 2	
	パルプ 2	サイレージ 20	
	配合 6	パルプ 2	
		配合 6	
供給量(kg)	DM 18.17		18.14
	CP 2.73		2.62
	TDN 11.77		12.33
	NDF 9.66		9.11
	(NDF/DM) (53.2%)		(50.2%)
充足率(%)	DM 99.8		99.6
	CP 103.7		99.3
	TDN 95.0		99.6
	NDF 135.1		127.5

表2 関東周辺でのNDFレベル

(2産, 体重650kg, 乳量35kg, 乳肥率3.5%)

給与飼料等	例1	例2	例3
トウモロコシサイレージ kg	15	0	15
混播サイレージ "	0	18	0
乾草 "	1	0	3
稲わら "	1.5	2	0
ビートパルプ "	4	3	3
ヘイキューブ "	2	1.6	0
ルーサンベレット "	2	0	0
ビール粕 "	0	7	0
乳配 "	12.8	7.8	10
大麦 "	0	2.7	0
大豆粕 "	0	0.7	0
DM 充足率	122	101	100
CP "	105	96	95
TDN "	111	93	93
CF/DM, %	16.1	16.5	16.3
ADF/DM, %	24.3	24.9	25.1
NDF/DM, %	43.9	46.1	45.8

にこのシステムを実現するには種々の制約があるが、スタンション繋養による飼料の分離給与方式であっても、考え方としては、そのシステムに出来るだけ近づけていく必要がある。

粗飼料の給与方法としては、濃厚飼料給飼前に少量給与することや多回給飼技術が、また濃厚飼料の給与方法の場合も多回給飼法等が、コンプリートフィードシステムに少しでも近づける方法となる。

給飼回数については、ホルモンとの関係で興味深い事実のあるものが示されている。すなわち、表3に示すように、給飼回数が増えるとインシュリンが減少している。ホルモンと乳生産の関係については、インシュリンが増加すると体脂肪蓄積が増加して、乳量と乳脂肪率が低下し、成長ホルモンの分泌が多くなると乳量が増加するとされている。

このように飼料の多回給飼は、特に濃厚飼料多給時ではホルモン支配の面からみても、乳生産、乳成分向上に対して好ましい方法であることが分る。

次に、コーネル大学教授のチャールズ J. スニフェン博士による飼料設計方法の概要を示した。これ

表3 給飼回数の違いが乳牛の血液ホルモン濃度及び牛乳生産に及ぼす影響

		2回給飼	6回給飼
ホルモン濃度	インシュリン $\mu\text{U}/\text{ml}$	27.8	14.4
	成長ホルモン ng/ml	3.4	3.1
	甲状腺ホルモン ng/ml	15.3	20.8
乳量	kg/日	23.0	21.4
乳脂	%	1.79	2.97
	kg/日	0.42	0.62

(ハート, 1983)

は効率的な飼料設計、給与方法を特に意図したものではないが、彼らの飼料設計時の狙いは、最大収益を得ることと明確にされている。従って、これらの方法も当然、乳成分向上対策となりうる。

スニフェン博士による飼料バランスのとり方；

- ① 体重、乳量と分娩後日数に基づいて、乳牛のグループを作る（群飼時）。
- ② 乾物摂取量を予測する（飼養標準等から）。
- ③ 飼料中の NDF 要求量を出す。
- ④ NDF のバランスをとる。
 - ・ NDF の 75% は粗飼料からとする（粕類、濃厚飼料の NDF は 12% とみなす）。
- ⑤ 蛋白質のバランスと溶解性を確認する。
 - ・ CP の NRC 要求量を満たす。
 - ・ CP 中の溶解性蛋白質の割合を 30~35% とする。
- ⑥ NDF、蛋白質の条件が満たされるよう設計を繰返してみる。
- ⑦ 飼料のエネルギー濃度を確認する。
 - ・ デンプンや糖などの炭水化物は、違った供給源としたり給与方法などについて検討する。
- ⑧ ミネラルとビタミンの要求量を満たす。
- ⑨ 給水関係（水量、水質等）も問題ないか確認する。
- ⑩ 飼槽管理は十分できているか確認する。
 - ・ 飼槽が空になることはないか。
 - ・ 給飼回数は良いか。
 - ・ 給飼の順番は良いか。
 - ・ 給飼を替える時のやり方に問題はないか。
- ⑪ 設計した飼料給与プログラムの実施後、次の

点を確認する。

- 乳量、乳成分の変化を確認する。
- ボディコンディションの変化を確認する。
- 糞尿の性状の変化を確認する。
- 糞が柔らか過ぎたら分解性蛋白を減らす。
- 糞が堅過ぎたら分解性蛋白を増やす。
- 糞中に穀類を多く見つけた場合は飼料給与方法、飼料中の繊維含量、蛋白質の内容(分画)、トウモロコシサイレージの場合は切断長などを検討する。
- 糞中に長い粗飼料片を見つけた場合も同様に、切断長、飼料給与方法や内容について検討を

加える。

⑫必要があれば、上述の飼料給与プログラム全体について調整をかける。

なお、乳成分と密接な関係がある蛋白質と炭水化物についての情報として、表4に示す昨年改訂されたNRC飼養標準について、少し触れたい。

旧標準(1978)との大きな違いは、1)蛋白質の要求量の内訳として、非分解性蛋白質と分解性蛋白質それぞれに分けて、要求量が示された、2)繊維の要求量として、NDFが付け加えられた、3)ミネラル、ビタミンの要求量が引上げられたことにある。

蛋白質の内訳のバランスについては表から分るように、およそ非分解性蛋白質40:分解性蛋白質60となっている。これに対し、表1に示した北海道の標準的飼料給与体系の場合は、およそ30:70あたりと推定される。混乱しやすい蛋白質の分画についての用語の整理を表5に示した。

NDFの要求量は表に示されるように、泌乳牛では25~28%以上である。

これらの要求量に対応する飼料成分情報の提供不足や飼

料の組み合わせの際に必要な飼料特性研究の遅れなど、スニフェン教授も認める問題は多々あるが、今まで以上に明らかにされた情報として、今後も注目されよう。

(3)給与飼料について

通常の粗・濃厚飼料以外の材料で、乳成分を向上させるものとして、バッファー、バイパスアミノ酸、コリン、ナイアシン、カルチャー製品等が挙げられるが、通常の飼養条件下でほぼ確実に成分を向上させる能力があるものは、綿実くらいではなかろうか。その綿実についても、嗜好性が不良なため他の飼料も合わせて残食する場合が生じやすいので、乳脂率は向上するが乳量は変わらずか、

表4 推奨飼料中栄養含量

体重 (kg)	乳脂率 (%)	日増体 (kg/日)	泌乳牛飼料								
			乳量(kg/日)								
400	5.0	0.220	7	13	20	26	33	泌乳初期 (0~3週)	乾乳牛		
500	4.5	0.275	8	17	25	33	41				
600	4.0	0.330	10	20	30	40	50				
700	3.5	0.385	12	24	36	48	60				
800	3.5	0.440	13	27	40	53	67				
TDN			63	67	71	75	75			73	56
粗蛋白質			12	15	16	17	18			19	12
非分解性蛋白質			4.4	5.2	5.7	5.9	6.2			7.0	—
分解性蛋白質			7.8	8.7	9.6	10.3	10.4	9.7	—		
粗繊維			17	17	17	15	15	17	22		
ADF			21	21	21	19	19	21	27		
NDF			28	28	28	25	25	28	35		

表5 蛋白質の溶解性、分解性と利用

分画	溶解性の区分	利用
分解性蛋白質	溶解性蛋白質	速やかにアンモニア形成 微生物増殖を起こす 尿素として排泄
	中程度の分解性蛋白質	微生物増殖を持続させる
非分解性蛋白質 (エスケープ、 バイパス蛋白質)	ゆっくりした分解性蛋白質	バイパス蛋白質の補給
	結合蛋白質	利用されない

(スニフェン、サターから作成)

減少する傾向にある。

また、バイパス油脂（脂肪酸カルシウム）について、当社研究農場で給与試験を繰り返し継続実施しているが、乳牛の状態によって、乳量および乳成分は一定の傾向でない結果が得られている。すなわち乳量、乳脂率どちらも上昇する例、乳量のみ増加する例、乳脂率のみ上昇する例など反応が異なっている。

しかし、いずれの場合にも、乳脂率の低下は認められず、FCM 乳量あるいは乳脂生産量が向上している。

当社は他社に先がけて、バイパス油脂を組み込んだ配合飼料「スノーミックス 90」などを販売しているが、その給与にあたり、上記のように乳牛の状態によって反応の仕方が異なることを考慮していただきたい。

また、バイパス油脂は高カロリー飼料なので、泌乳の持続性および泌乳初期の栄養充足率の改善による繁殖成績の向上にも効果があることが確認されている。

(4)乳成分に影響を与える他の要因について

牛乳の生産性を改善する場合の要因の内訳は、遺伝 30%、飼料 60%、環境 10%とされている。

乳成分向上対策を考える場合にも、これは当てはまることであり、遺伝の問題については割愛するが、環境については、牛舎内平均温度の影響の一例を示しておきたい。

-1.8℃のコールドバーンと+9.7℃のウォームバーンでは、前者の方が粗飼料を多く食い込んだ結果、乳量、乳脂率には両バーンに差はあまりなかったが、無脂固形分は約 0.2%向上していた(四十万谷ら、1986)。

また乳成分向上対策として、乳房炎対策も忘れてはならない事項であることも付け加えておきたい。

以上、飼料給与面を中心にした乳成分向上対策について、いくつか話題を提供したが、種々ある要因のうち、どの要因が最大の制約条件になっているのかをまず探り出し、そこから順次改善対策の手を打っていくことが最も効果的な対策である。

海外トピックス

温室効果が作物の増収をもたらす？

アメリカ農務省の植物土壌学者が大気中の炭酸ガスの増加が畑作物に及ぼす影響について研究し、もし、これから 100 年あるいはそれ以内に大気中の炭酸ガスが今の 2 倍になれば、作物の収量は約 50%増収するだろうと見ている。

炭酸ガスは植物の光合成に絶対必要なものであるが、現在、大気中に炭酸ガスが約 345 ppm 含んでいる。この量が多いと、植物の中で太陽光線をエネルギーに替える作用を高めることになる。

炭酸ガスの放出方法や放出量を調節するコンピュータが開発され、次の 100 年の間に予測される環境と同じような条件を作ることができる。アメリカ水源保全研究所の土壌学者、B・A・ギ

ンバル氏は「すべての植物や作物……その中で地球上の人類にとって重要な 3 大食料である米・小麦・トウモロコシは高濃度の炭酸ガスによって、増収に結びつくだろう」と注目している。

空気中の炭酸ガス濃度は主に掘出した燃料(石炭、石油など)の燃焼によって高まる。

大気中に含まれる炭酸ガスは、18 世紀中ごろの 280 ppm から 1958 年には 314 ppm、そして現在は 345 ppm に上昇している。

炭酸ガス濃度を現在の約 2 倍の 650 ppm に調節した炭酸ガス室内で栽培した綿の収量が 80% 増収したと言われている。

(シーズメン・ダイジェスト、1988)